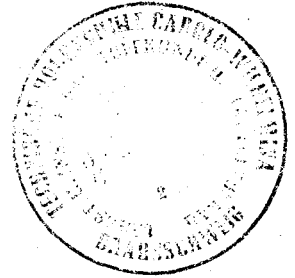


INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG
DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. K. KORDINA – PROF. DR.-ING. G. REHM



Untersuchungen über das Verhalten der Biegedruckzone
bei Stahlbetonplatten bei einseitigem Feuerangriff.

Bericht erstattet

von

Dipl.-Ing. Jürgen Wesche

Dezember 1970

Die Untersuchungen wurden im Auftrage des Bundesministers für Städtebau und Wohnungswesen, Bad Godesberg, (Az. II A 9 - 81 07 05 - 116/2) durchgeführt.

Inhaltsübersicht

	Seite
1. Allgemeines, Zweck der Untersuchungen	2
2. Versuchsplanung und -vorbereitung	2
2.1 Statisches System	3
2.2 Querschnittsabmessungen und Beanspruchungen	3
2.3 Baustoffe	5
2.4 Messungen	5
3. Versuchsaufbau und -durchführung	6
3.1 Brandkammer - Beheizung	6
3.2 Einbau und Belastung der Stahlbetonplatten	6
3.3 Messungen während des Versuches	7
4. Versuchsergebnisse	7
4.1 Versuchskörper 1	7
4.2 Versuchskörper 2	8
4.3 Versuchskörper 3	8
4.4 Versuchskörper 4	9
5. Versuchsauswertung	9
Verzeichnis der Anlagen	12

1. Allgemeines, Zweck der Untersuchungen

Im November 1968 wurde der Forschungsauftrag "Untersuchungen über das Verhalten der Biegedruckzone bei Stahlbetonbauteilen unter besonderer Berücksichtigung der Brandbeanspruchungen bei Schutzbauten" abgeschlossen. Bei den Untersuchungen zu diesem Forschungsauftrag wurden bei Plattendicken von 14 und 20 cm starke Abplatzungen festgestellt, die u.a. auf die eingelegte Druckbewehrung zurückgeführt wurden. Allgemeine Schlußfolgerungen waren aufgrund der Abplatzungen nur in begrenztem Umfange möglich.

Bei dem jetzt vorliegenden Forschungsbericht "Das Verhalten der Biegedruckzone von Stahlbetonplatten" wurde in die Versuchskörper keine Druckbewehrung eingebaut. Da in beiden Untersuchungsreihen zum Teil mit den gleichen Plattendicken und den gleichen Betonrandspannungen gearbeitet wurde, lassen sich die Ergebnisse insoweit vergleichen und der Einfluß einer Druckbewehrung belegen.

V Versuchsergebnisse ohne den störenden Einfluß der Druckbewehrung sind auch mit Grundlagenforschungen über die relative Betondruckfestigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur zu vergleichen. Allerdings handelt es sich hier nur um Einzelwerte, die noch keine umfassende theoretische Lösung zulassen, da die Abhängigkeit des E-Moduls des Betons von der Temperatur, der Spannung und von anderen Einflüssen noch nicht hinreichend untersucht wurde.

Eine allgemeine numerische Lösung des Problems kann erst durch die Verbindung des bereits bekannten Erwärmungsverhaltens von einseitig bzw. dreiseitig beheizten Betonbauteilen mit dem noch zu erforschenden Festigkeits- und Verformungsverhalten von Beton bei hohen Temperaturen gefunden werden.

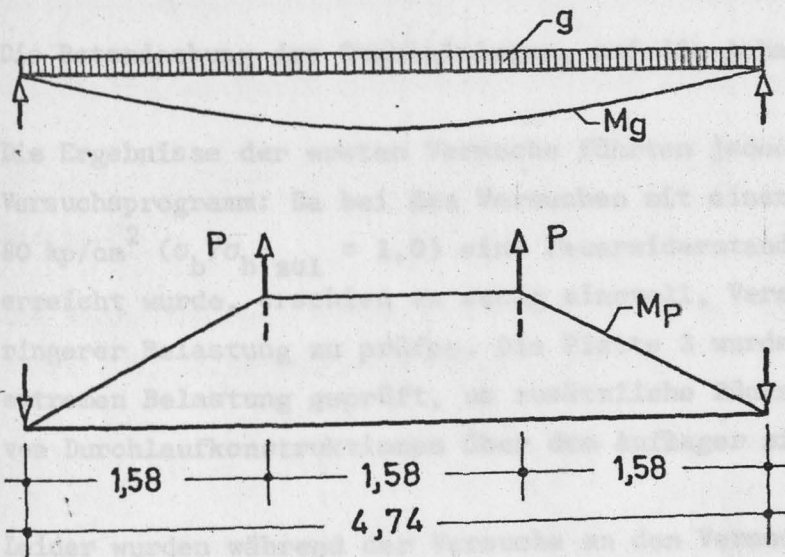
2. Versuchsplanung und -vorbereitung

Die Versuchskörper wurden in ihren Abmessungen, in der Materialgüte und in den gewählten Betonrandspannungen der ersten Versuchsreihe angeglichen. Zur Erzeugung der Betondruckspannungen auf der beheizten Seite wurde allerdings ein anderes Belastungssystem gewählt.

2.1 Statisches System

Alle Versuchskörper wurden als Einfeldplatten mit einer Stützweite von 4,74 m eingebaut. In den Drittelpunkten der Platten wurden über Zugpressen mit einer Schlaufenverankerung die Kräfte in die Platte eingeleitet. Die Auflagerkräfte wurden über Druckpressen abgeleitet. Die Zugkräfte wurden so gewählt, daß an den Krafteinleitungspunkten nach Addition des entgegengesetzt wirkenden Eigengewichtes ein Moment M_p erzeugt wurde, das durch die vorgegebene Betonrandspannung aufgenommen werden konnte. Die erforderliche Zugbewehrung wurde nach DIN 1045 für $\sigma_{zul} = 2,4 \text{ Mp/cm}^2$ ermittelt.

Systemskizze:



2.2 Querschnittsabmessungen und Beanspruchungen

Es wurden 4 Versuchskörper mit den Flächenabmessungen $L \cdot B = 5,0 \times 1,0 \text{ m}^2$ bei 20 cm Plattendicke untersucht.

Das Versuchsprogramm sah die in Tabelle 1 zusammengestellten Versuche vor:

Tabelle 1

Versuchs- körper	ständige Last g	Zugkraft P	Moment in Drittels- punkten	max. Beton- randspannung	Bewehrung	Stahl-Zug- spannung
Nr.	Mp/cm ²	Mp	Mpm	kp/cm ²	cm ²	kp/cm ²
1	0,5	3,30	3,96	80 = 1,0	10,2	2400
2	0,5	2,37	2,50	60 = 0,75	10,2	1800
3	0,5	1,58	1,25	40 = 0,50	10,2	1200
4	0,5	5,52	7,48	120 = 1,5	20,0	2400

Die Betondeckung der Stahleinlagen, auf die Achse bezogen, betrug $u = 1,7$ cm.

Die Ergebnisse der ersten Versuche führten jedoch zu Abweichungen von diesem Versuchsprogramm: Da bei den Versuchen mit einer Betonrandspannung von 80 kp/cm^2 ($\sigma_b / \sigma_{b \text{ zul}} = 1,0$) eine Feuerwiderstandsdauer von über 4 Stunden erreicht wurde, erschien es wenig sinnvoll, Versuchskörper unter noch geringerer Belastung zu prüfen. Die Platte 3 wurde deshalb unter einer sehr extremen Belastung geprüft, um zusätzliche Rückschlüsse auf das Verhalten von Durchlaufkonstruktionen über dem Auflager ziehen zu können.

Leider wurden während der Versuche an den Versuchskörpern 1 und 3 die Ankerhülsen aus den Platten herausgerissen, so daß die Ergebnisse dieser beiden Versuche nur begrenzt zu verwenden waren.

Die Versuche wurden mit folgenden Belastungen durchgeführt:

Tabelle 2 - siehe folgendes Blatt

Tabelle 2

Versuchskörper	Zugkraft	Moment in Drittelspunkten	max. Betonrandspannung	Stahl-Zug-Spannung	Bemerkungen
Nr.	Mp	Mpm	kp/cm ²	kp/cm ²	-
1	3,3	3,96	80	2400	Anker nach 168 min herausgerissen
2	3,3	3,96	80	2400	240 min Versuch abgebrochen
3	5,52	7,48	151	4500	Anker nach 56 min herausgerissen
4	5,52	7,48	120	2400	240 min Versuch abgebrochen

Übersichtsplan der Versuchskörper siehe Anlage 2.

2.3 Baustoffe

Die Versuchskörper wurden aus einem Beton der Güteklasse B 225 hergestellt. Er hatte folgende Zusammensetzung:

Betonsand	0 - 3	104 kg
"	3 - 7	104 kg
Betonkies	7 - 15	312 kg
		<hr/>
Betonkiessand		520 kg
Zement PZ 275		50 kg

Das planmäßige Wasser/Zement-Verhältnis betrug 0,8.

Bei der Güteprüfung nach DIN 1048 ergab sich im Mittel aus 6 Würfeln eine Würfeldruckfestigkeit von 239 kp/cm².

Für die Zugbewehrung der Platten wurde Rippentorstahl III b verwendet.

2.4 Messungen

Das Meßprogramm umfaßte folgende Aufgaben:

2.4.1 Messung der Brandraumtemperaturen mit NiCr-Ni-Thermoelementen.

2.4.2 Messung des Temperaturverlaufes über den Betonquerschnitt.

Die Fe-Const-Thermoelemente wurden an je 2 Leitern in

1, 2, 3, 5, 7, 10, 13 und 16 cm

von Unterkante Platte angebracht.

2.4.3 Messungen der vertikalen Durchbiegungen der Platten mit Hilfe feiner Stahldrähte, die von der jeweiligen Meßstelle zu Rollenmeßgeräten geführt wurden.

3. Versuchsaufbau und -durchführung

3.1 Brandkammer - Beheizung

Die Versuchskörper wurden in einer Brandkammer mit den lichten Abmessungen $L = 4,00$ m, $B = 2,00$ m und $H \approx 1,40$ m untersucht. Die Beheizung nach der Einheitstemperaturkurve gemäß DIN 4102 erfolgte durch vier Ölbrenner unter Verwendung von Heizöl EL nach DIN 51 603. Je 2 Brenner, deren Flammenachsen parallel zur Plattenspannrichtung 0,75 m über dem Brandkammerboden verliefen, befanden sich jeweils an den Stirnseiten der Brandkammer (siehe Anlage 1).

Die Flammenlänge betrug im allgemeinen 0,8 bis 1,0 m. Die Rauchgase wurden durch einen Abzug am Boden der Brandkammer abgesaugt. Die innere Ausmauerung der Brandraumwände und des Bodens bestand aus Hartschamotte. Die Brandraumabdeckung bestand aus Gasbetonplatten.

3.2 Einbau und Belastung der Stahlbetonplatten

Die Versuchskörper wurden als Einfeldplatten mit einer Stützweite von 4,74 m eingebaut. Um Biegerisse infolge Eigengewicht beim Einbau zu vermeiden, mußten die Platten zunächst auf ein Gerüst im Brandraum aufgelagert werden.

Die Zugkräfte wurden über 4 Krafteinleitungspunkte je Platte eingebracht, indem über 2 Zugpressen mit querliegender Traverse die Ankerschlaufen be-

lastet wurden. Erst nachdem die Zugpressen ihre Kräfte auf die Platten ausübten, konnte das Gerüst entfernt werden. Die Auflagerkräfte der Versuchskonstruktion wurden über je eine Druckpresse in die Rahmenkonstruktion der Brandkammer abgeleitet. Die vor Beginn des Brandversuches aufgebrachten planmäßigen Lasten wurden während des Versuches konstant gehalten (Versuchsanordnung siehe Anlage 1).

3.3 Messungen während des Versuches

Die Messungen wurden nach dem unter 2.4 aufgestellten Programm durchgeführt.

3.3.1 Messungen der Brandraumtemperaturen.

3.3.2 Messungen des Temperaturverlaufes über den Betonquerschnitt (siehe Anlagen 3 - 10).

3.3.3 Messungen der vertikalen Durchbiegungen (siehe Anlage 11).

Das Verhalten der Stahlbetonplatten wurde während der Brandversuche laufend kontrolliert. Dabei wurde besonders auf Rissebildung und Betonabplatzungen geachtet.

4. Versuchsergebnisse

4.1 Versuchskörper 1:

Der von den Kompensographen registrierte Temperatur-Zeit-Verlauf über den Betonquerschnitt zeigt gegenüber den in früheren Versuchen gewonnenen Ergebnissen bis auf den üblichen Streubereich keine wesentlichen Abweichungen.

Nach einer Beflammungsdauer von 168 Minuten wurde eine Ankerhülse aus dem Beton herausgerissen, so daß hiernach die Belastung nicht mehr ordnungsgemäß eingeleitet werden konnte; der Versuch mußte abgebrochen werden. Bei Betrachtung der herausgerissenen Hülse war zu vermuten, daß die Haftung zwischen Hülsenverankerung und Beton versagt hatte.

Die vertikale Durchbiegung nahm unter Brandeinwirkung entgegen der Lastdurchbiegung bis zur 50. Minute zu - d.h. die Platte krümmte sich dem Brandraum zu -, um dann bis zum Versuchsende allerdings wesentlich langsamer wieder abzunehmen.

Schon unmittelbar nach der Lasteintragung waren Querrisse an der Plattenoberseite zu sehen, die von der 15. Minute an durch Wasseraustritt besonders markiert wurden. Diese Biegezugrisse waren im Abstand von etwa 14 cm zu beobachten, was dem Abstand der Querbewehrung entspricht. Bei diesem Versuch waren bis zum Versuchsende verhältnismäßig große freiwerdende Wassermengen zu beobachten.

Von der 3. Minute an begannen großflächige Abplatzungen in der Druckzone, die aber nur etwa 1 cm tief waren.

4.2 Versuchskörper 2:

Der von den Kompensographen registrierte Temperatur-Zeit-Verlauf über den Betonquerschnitt zeigt gegenüber den in früheren Versuchen gewonnenen Ergebnissen bis auf den üblichen Streubereich keine wesentlichen Abweichungen.

Nach einer Beflammungsdauer von 4 Stunden war unter der Belastung nach Tabelle 2 kein Bruch abzusehen. Daher wurde der Brandversuch abgebrochen.

Die vertikale Durchbiegung nahm unter Brandeinwirkung entgegen der Lastdurchbiegung bis etwa zur 45. Minute zu, um dann bis zum Versuchsende etwa den Ausgangswert zu erreichen.

Von der 35. Minute an war an der Plattenoberseite Wasseraustritt an den Haarrissen in Lage der oberen Querbewehrung zu beobachten. Der Wasseraustritt war wesentlich geringer als beim Versuch 1, da diese Platte besser ausgetrocknet war als der Versuchskörper Nr. 1. In der 135. Minute bildete sich im Bereich einer Ankerhülse ein etwa 5 cm langer Querriß aus, der aber keine Auswirkungen auf die Verankerung hatte. Betonabplatzungen konnten bei diesem Versuch nicht beobachtet werden.

4.3 Versuchskörper 3:

Der von den Kompensographen registrierte Temperatur-Zeit-Verlauf über den Betonquerschnitt zeigt gegenüber den in früheren Versuchen gewonnenen Ergebnissen bis auf den üblichen Streubereich keine wesentlichen Abweichungen.

Nach einer Beflammungsdauer von 56 Minuten mußte der Versuch abgebrochen werden, da eine Ankerhülse aus dem Beton herausgerissen war.

Trotz der sehr großen Belastung (σ_e an der Fließgrenze, $\sigma_b \sim 2 \sigma_{b \text{ zul}}$) verhielten sich die vertikalen Durchbiegungen bis zum Versuchsende ähnlich wie die Durchbiegungen beim Versuch 4.

Augenfällig war bei diesem Versuch ein verhältnismäßig großer Wasseraustritt, da der Versuchskörper Nr. 3 sehr feucht war. Die Folge davon waren auch großflächige Betonabplatzungen, die allerdings nur oberflächlich und nur etwa 1 cm tief waren.

4.4 Versuchskörper 4:

Der von den Kompensographen registrierte Temperatur-Zeit-Verlauf über den Betonquerschnitt zeigt gegenüber den in früheren Versuchen gewonnenen Ergebnissen bis auf den üblichen Streubereich keine wesentlichen Abweichungen.

Nach einer Beflammungsdauer von 4 Stunden war unter der Belastung von Tabelle 2 kein Bruch abzusehen. Daher wurde der Brandversuch abgebrochen.

Die vertikale Durchbiegung nahm unter Brandeinwirkung entgegen der Lastdurchbiegung bis etwa zur 35. - 40. Minute zu. Nach ungefähr 130 Minuten waren bei rückläufiger Durchbiegung die Werte der Lastdurchbiegung erreicht und bei Versuchsende um etwa 20 mm überschritten.

Der Wasseraustritt war wesentlich geringer als bei Versuch 3. Bis auf Haarrisse in der Biegezugzone und kurze Haarrisse an den Ankerhülsen konnten keine weiteren Erscheinungen beobachtet werden.

5. Versuchsauswertung

Bei der Zahl von 4 Versuchen, von denen 2 vorzeitig abgebrochen werden mußten, sind allgemeingültige Aussagen über das Verhalten der Biegedruckzone von Stahlbetonplatten nicht zu erwarten.

Eine eindeutige Aussage ist allerdings in Verbindung mit dem Forschungsbericht vom November 1968 (Az. IV B 3 - R 07.1/67), "Untersuchung über das Verhalten der Biegedruckzone bei Stahlbetonbauteilen unter besonderer Berücksichtigung der Brandbeanspruchung bei Schutzbauten", zu finden; bei diesen Untersuchungen

stellte sich ein störender Einfluß der Druckbewehrung heraus, der vermuten ließ, daß die Versuchskörper teilweise allein infolge Überhitzung der Druckbewehrung zu Bruch gingen. Die Betonabplatzungen schienen zu einem großen Teil durch Verformungen der Druckbewehrung hervorgerufen zu sein.

Die bei der jetzigen Versuchsreihe aufgetretenen Betonabplatzungen wurden eindeutig durch einen hohen Feuchtigkeitsgehalt - Platten 1 und 3 \rightarrow 3,2 %; Platten 2 und 4 \rightarrow 2,2 % - hervorgerufen, da sie nur bei den Versuchen 1 und 3 auftraten und dann auch nur etwa 1 cm tief waren. Bei den 20 cm dicken Versuchskörpern war der Einfluß der Abplatzungen als Querschnittsschwächung sehr gering. Auf eine Druckbewehrung wurde bei allen Versuchskörpern verzichtet. Es stellte sich heraus, daß bei einer rechnerischen Biegedruckspannung bis zu 120 kp/cm^2 , das entspricht dem 1,5-fachen der zulässigen Biegedruckspannung, die Versuchskörper über 4 Stunden nicht durch Versagen der Biegedruckzone zerstört wurden.

Weitere Folgerungen aus den Versuchsergebnissen:

1. Die vertikalen Durchbiegungen entgegen der Lasteintragsrichtung bis zur 35. - 50. Minute wurden durch die unterschiedlichen Dehnungen an den Querschnittsrändern infolge Temperatureinfluß hervorgerufen.
2. Die vertikalen Durchbiegungen in Richtung der Lasteintragung von der 35. - 50. Minute an wurden dadurch hervorgerufen, daß der Beton in den Randzonen durch Erwärmung an Festigkeit verliert, aber verformungswilliger wird. Die wirksame Querschnittshöhe wird durch Abplatzung etwas kleiner und demzufolge auch das Trägheitsmoment. Außerdem wirkt sich im druckbeanspruchten Beton das erhöhte Verformungsvermögen aus.
3. Es läßt sich die qualitative Aussage machen, daß die Druckfestigkeit des Betons entsprechend der Querschnittserwärmung mit wachsenden Temperaturen, auch in der randnahen Zone, nur sehr langsam abnimmt und daher die unbewehrte Biegedruckzone von Stahlbetonplatten $d \geq 20 \text{ cm}$ sehr große Feuerwiderstandszeiten aufweist.

4. Auch bei Versuchen mit höheren Betondruckspannungen ergaben sich große Feuerwiderstandszeiten. Bei Versuch 4 mit $\sigma_b / \sigma_{b, \text{zul}} = 1,5$ war auch nach 4 Stunden kein Versagen des Versuchskörpers durch Biegedruckbruch abzu-
sehen. Der Durchbiegungsverlauf bei Versuch 3 zeigte bis zum Versagen der Verankerung eine ähnliche Tendenz wie der beim Versuch 4. Es ist daher bei Stahlbeton-Vollplatten auch bei Ausbildung eines plastischen Gelenkes bei Durchlaufkonstruktionen und damit verbundener Erhöhung der Betondruckspannungen eher mit einem Versagen der Bewehrung als mit einem Versagen der Biegedruckfestigkeit zu rechnen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei 20 cm dicken Stahlbetonplatten die Gefahr eines Versagens der beheizten Biegerandzone nur dann besteht, wenn eine vergleichsweise kräftige - und nicht verbügelte - Druckbewehrung eingelegt wird.

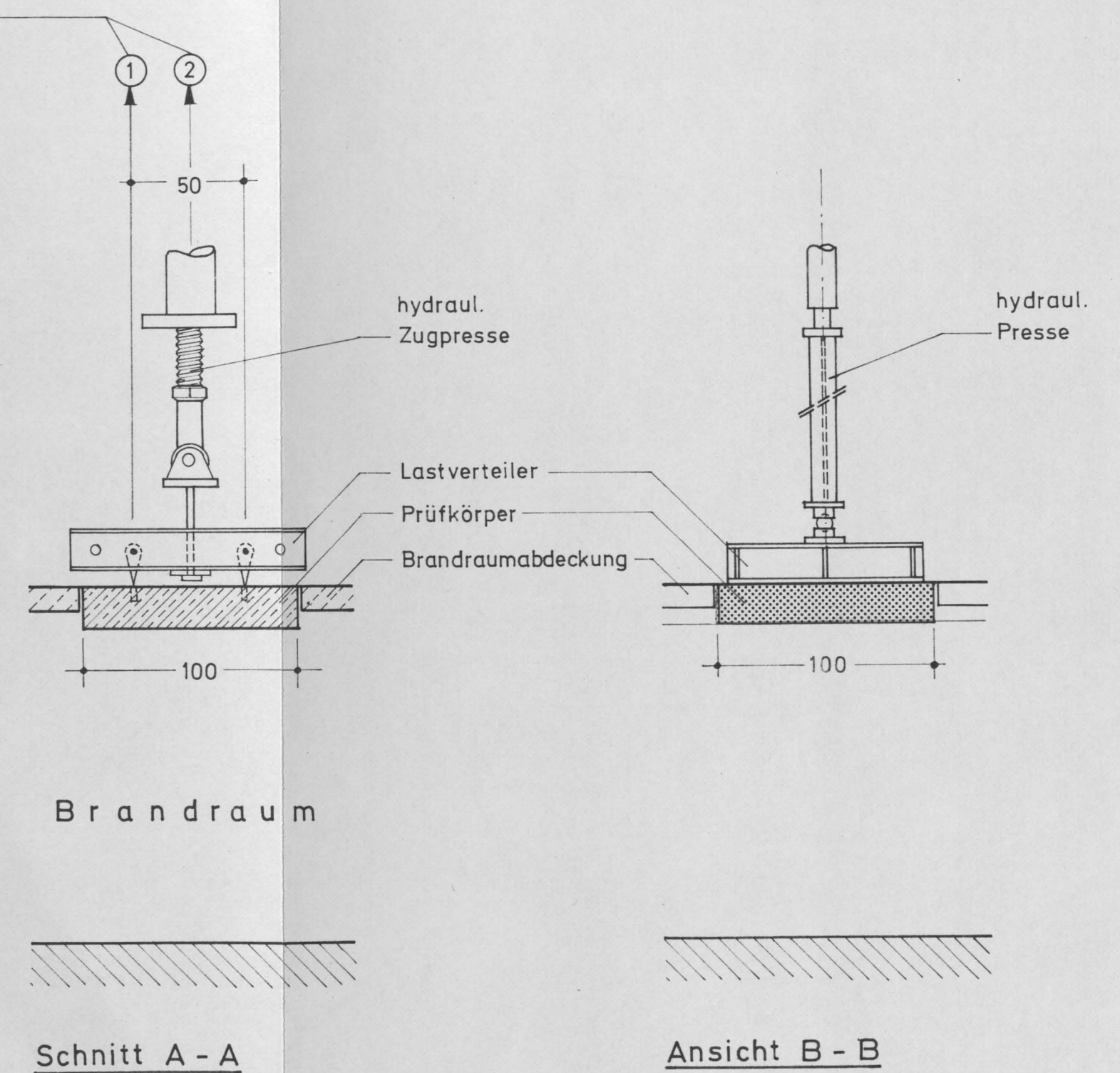
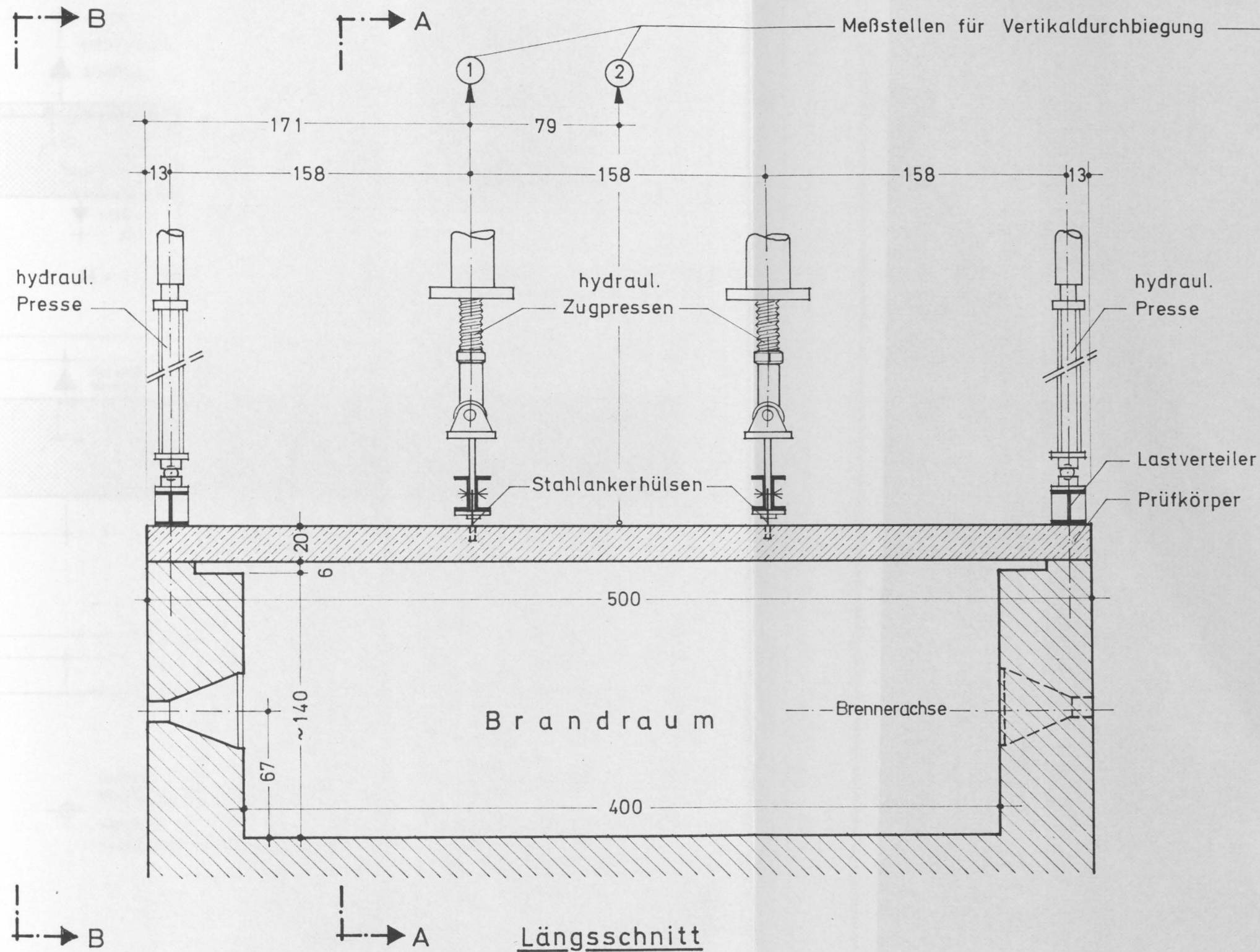
Über dünnere Platten können aufgrund der bisher vorliegenden Versuche keine bindenden Aussagen gemacht werden, da über das Verformungs- und Festigkeitsverhalten von Beton unter erhöhten Temperaturen zu wenig experimentelle und theoretische Erkenntnisse vorliegen.

Braunschweig, den 10.12.1970

We/Schu

Verzeichnis der Anlagen

Anlage	1	Versuchsanordnung
"	2	Stahlbetonplatten Übersichtsplan
"	3, 4	Temperaturen am Prüfkörper 1
"	5, 6	Temperaturen am Prüfkörper 2
"	7, 8	Temperaturen am Prüfkörper 3
"	9, 10	Temperaturen am Prüfkörper 4
"	11	Verformungen an den Prüfkörpern
Bild	1, 2	Versuchsaufbau



Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten d = 20 cm

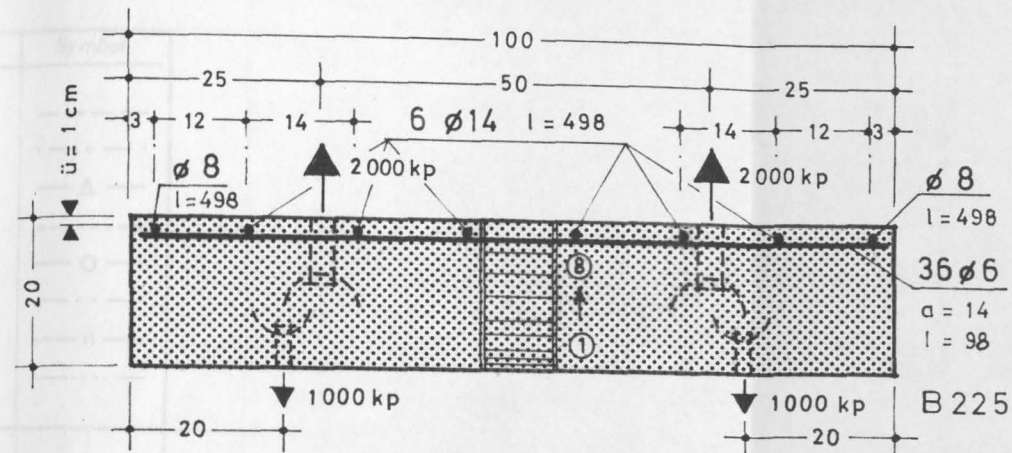
Versuch 1 - 4

Versuchsanordnung

Anlage 1

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Universität Braunschweig
Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen

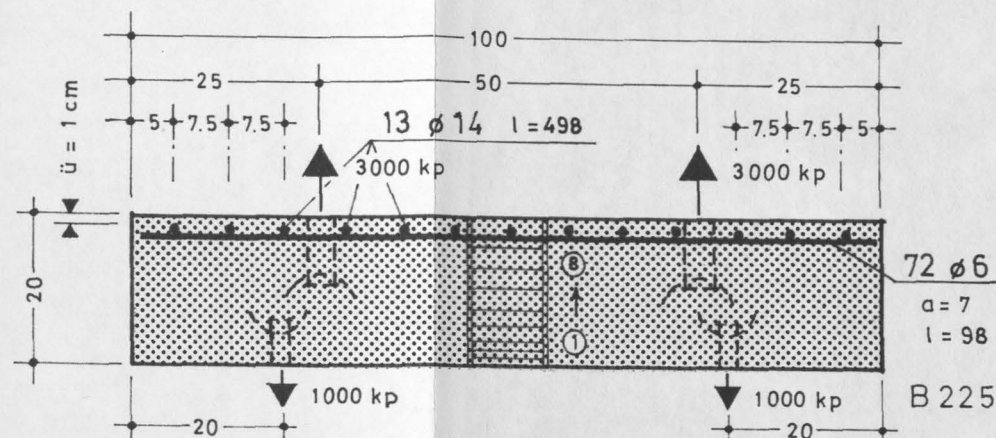
Versuch 1-3



Querschnitt A-B

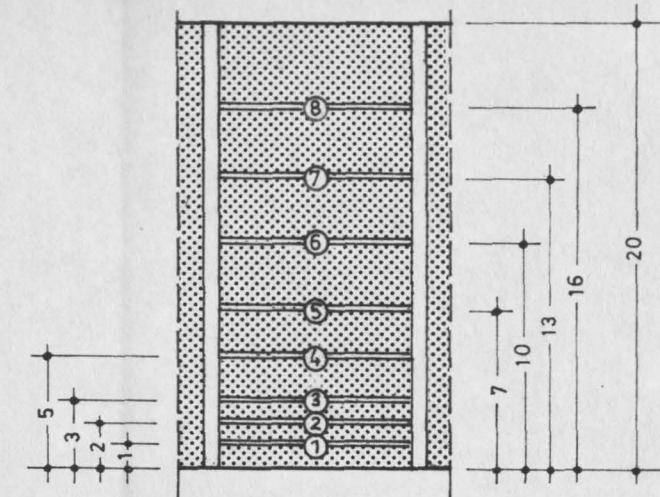
M = 1 : 10

Versuch 4



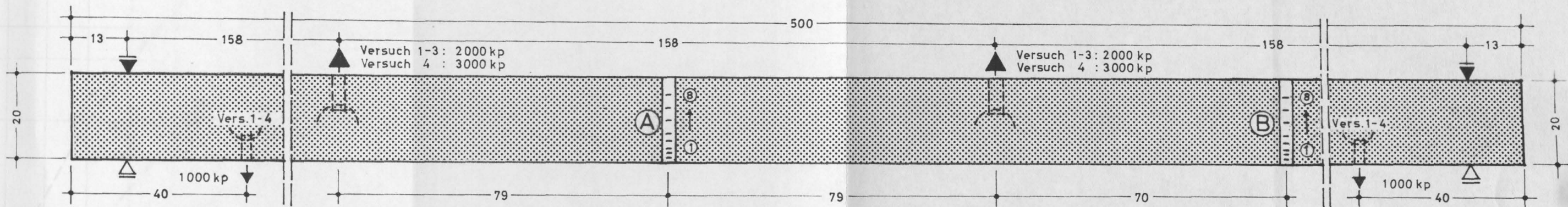
Querschnitt A-B

M = 1 : 10



Lage der Meßstellen

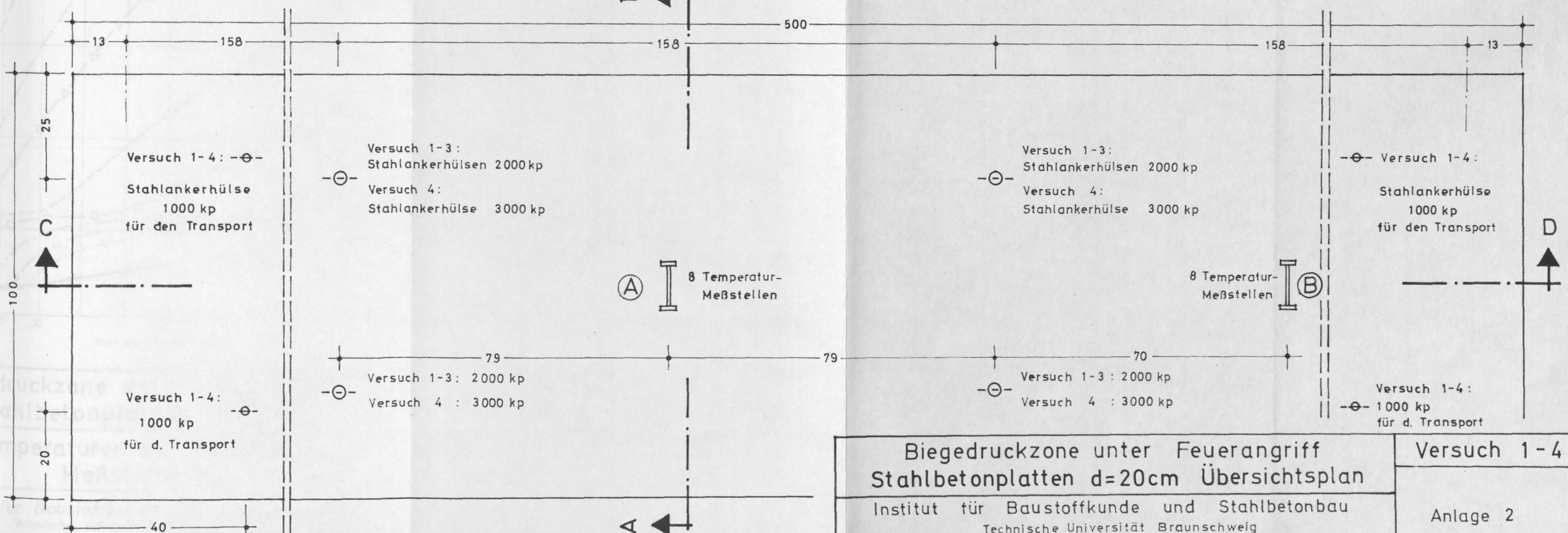
M = 1 : 3.33



Längsschnitt C-D

Versuch 1-4

M = 1 : 10



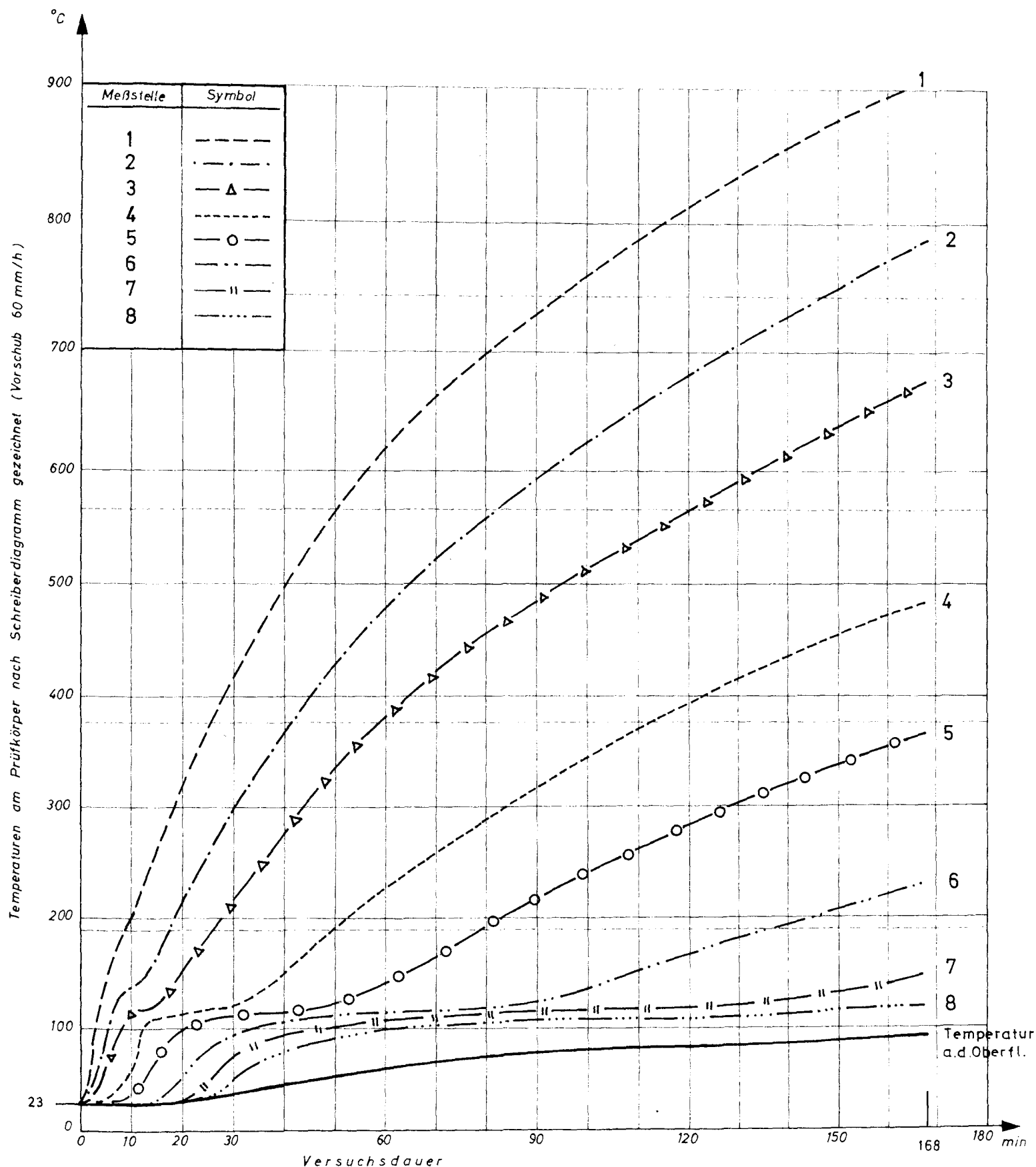
Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten d=20cm Übersichtsplan

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Universität Braunschweig

Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen

Versuch 1-4

Anlage 2



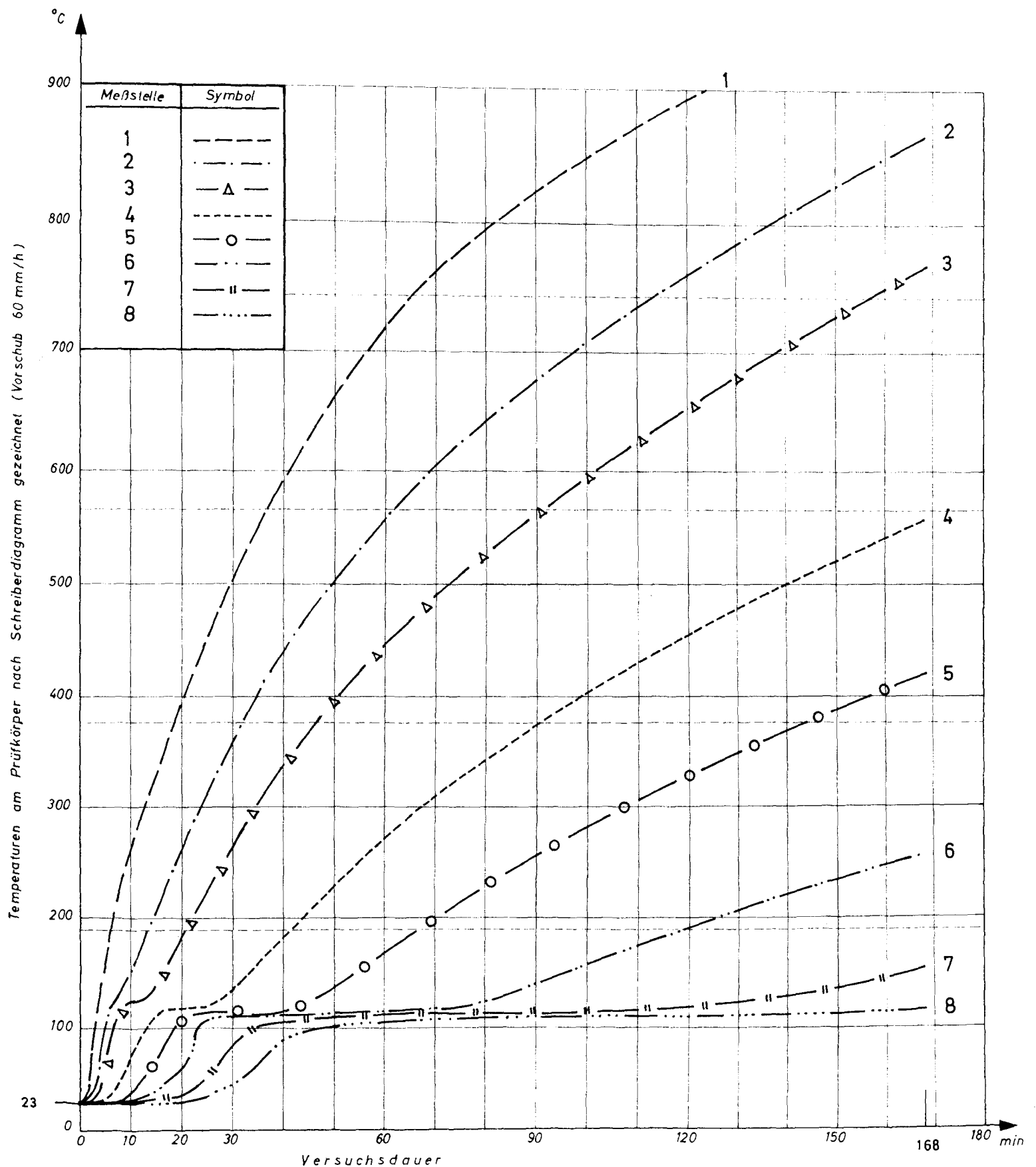
Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten d=20cm

Versuch 1
 $\bar{\sigma}_b / \bar{\sigma}_{bzul.} = 1.0$

Temperaturen am Prüfkörper
Meßstelle A

Anlage 3

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Universität Braunschweig
Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen



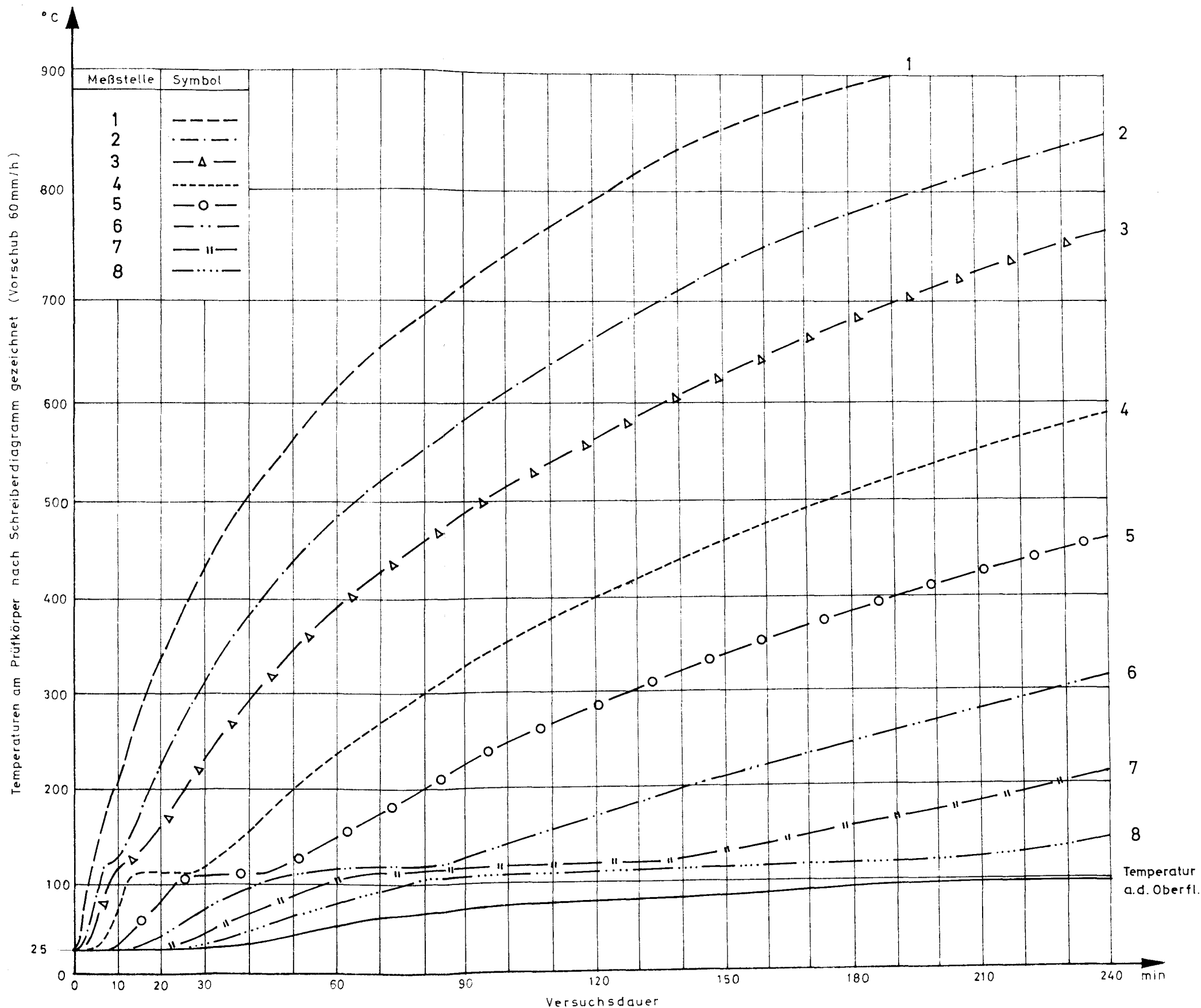
Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten d = 20 cm

Versuch 1
 $\sigma_b / \sigma_{b,zul.} = 1.0$

Temperaturen am Prüfkörper
Meßstelle B

Anlage 4

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Universität Braunschweig
Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen



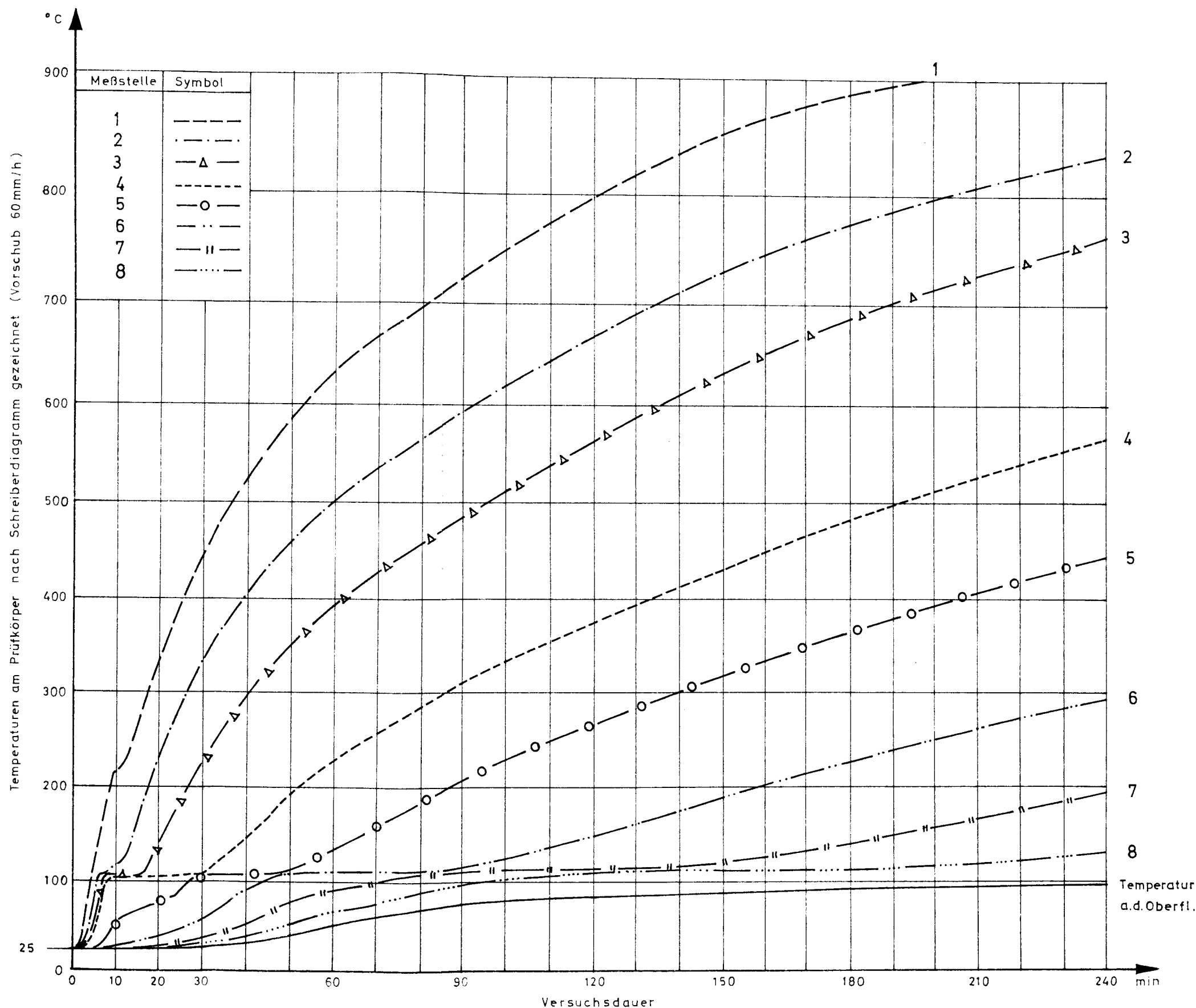
Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten d = 20cm

Versuch 2
 $\sigma_b / \sigma_{b \text{ zul.}} = 1.0$

Temperaturen am Prüfkörper
Meßstelle A

Anlage 5

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Universität Braunschweig
Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen



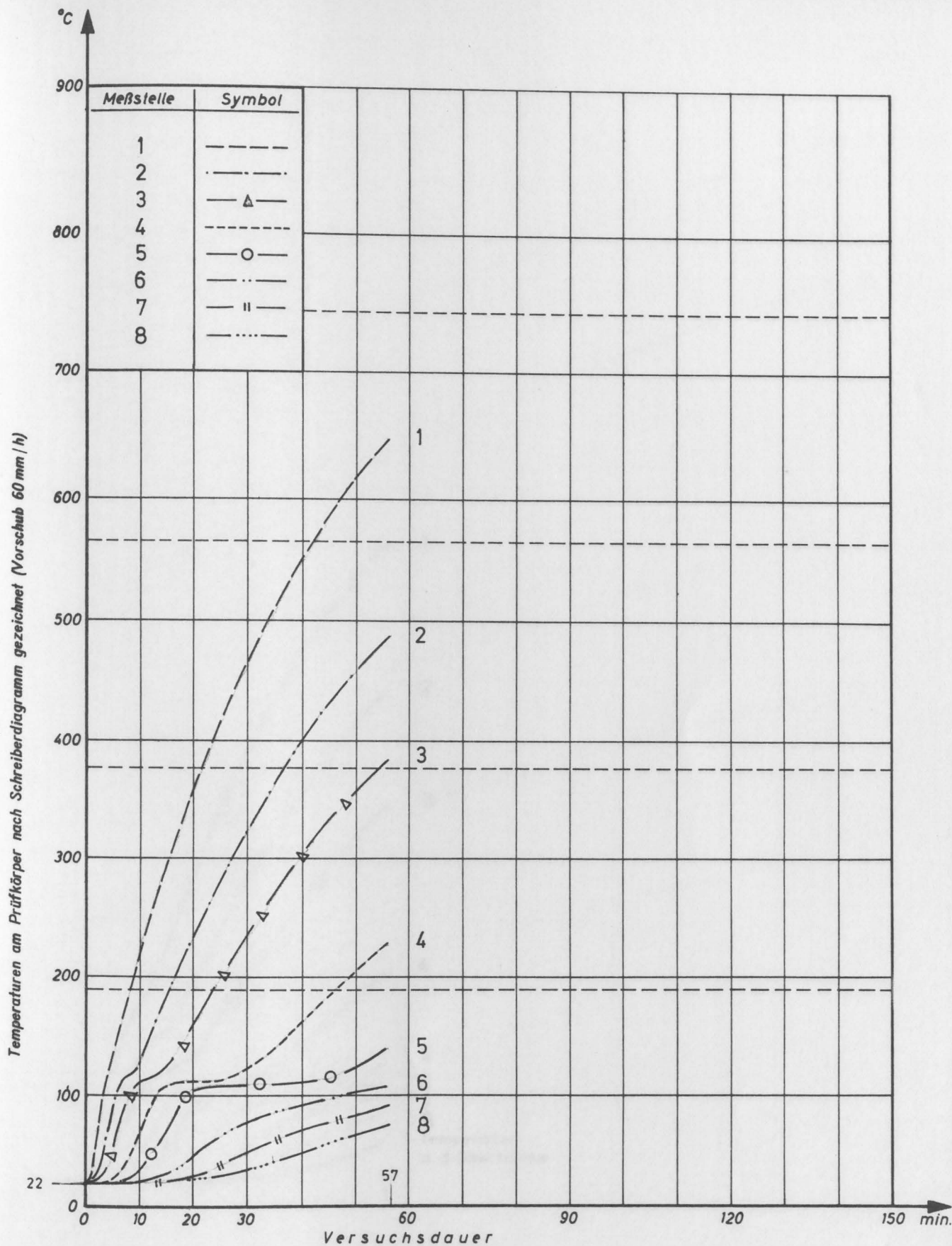
Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten d = 20 cm

Versuch 2
 $\sigma_b / \sigma_{b, zul.} = 1.0$

Temperaturen am Prüfkörper
Meßstelle B

Anlage 6

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Universität Braunschweig
Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen



Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten d=20cm

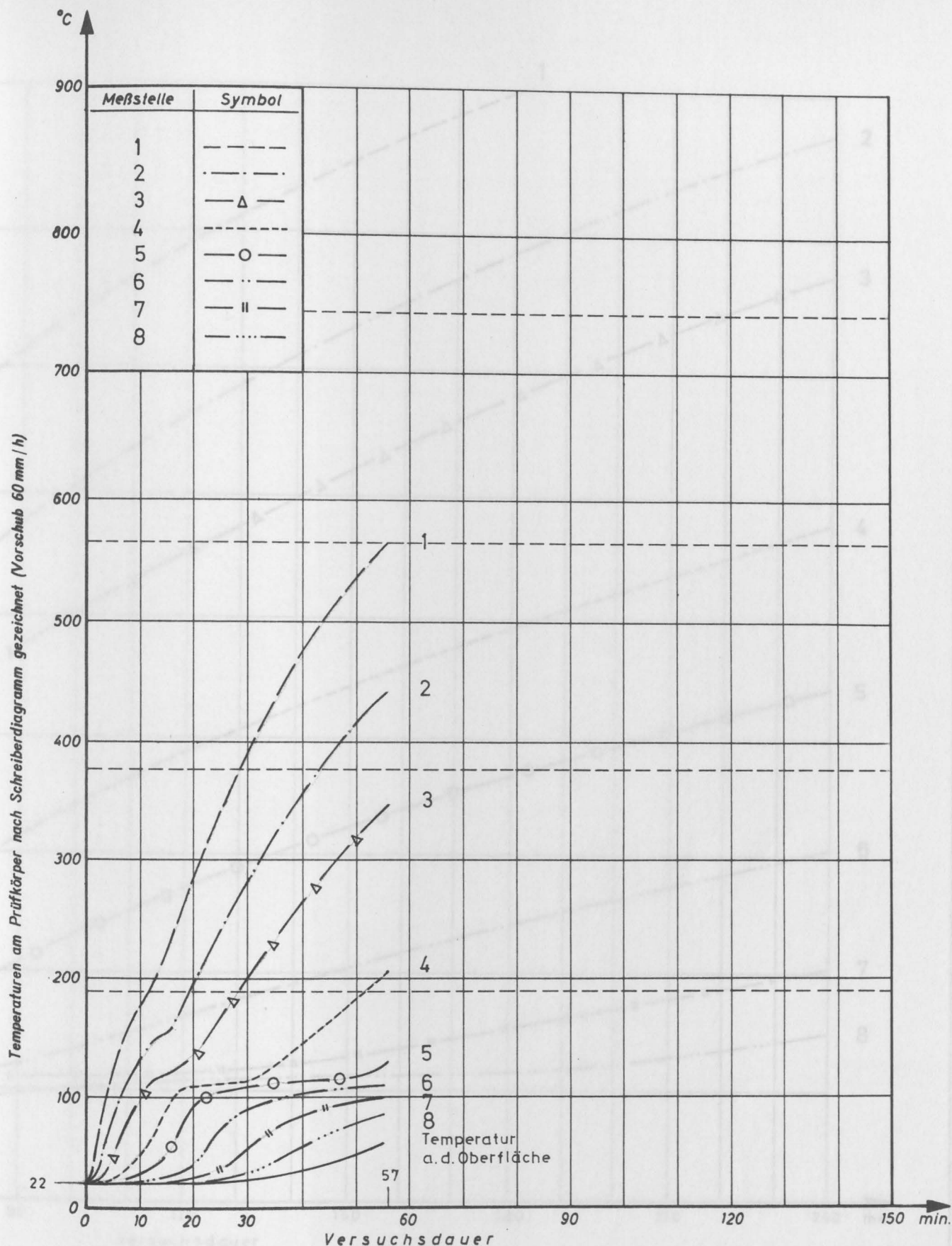
Versuch 3

$\sigma_b / \sigma_{b \text{ zul.}} = 1.9$
 $\sigma_e = 4\,500 \text{ kp/cm}^2$

Temperaturen am Prüfkörper
Meßstelle A

Anlage 7

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Universität Braunschweig
Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen



Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten d=20cm

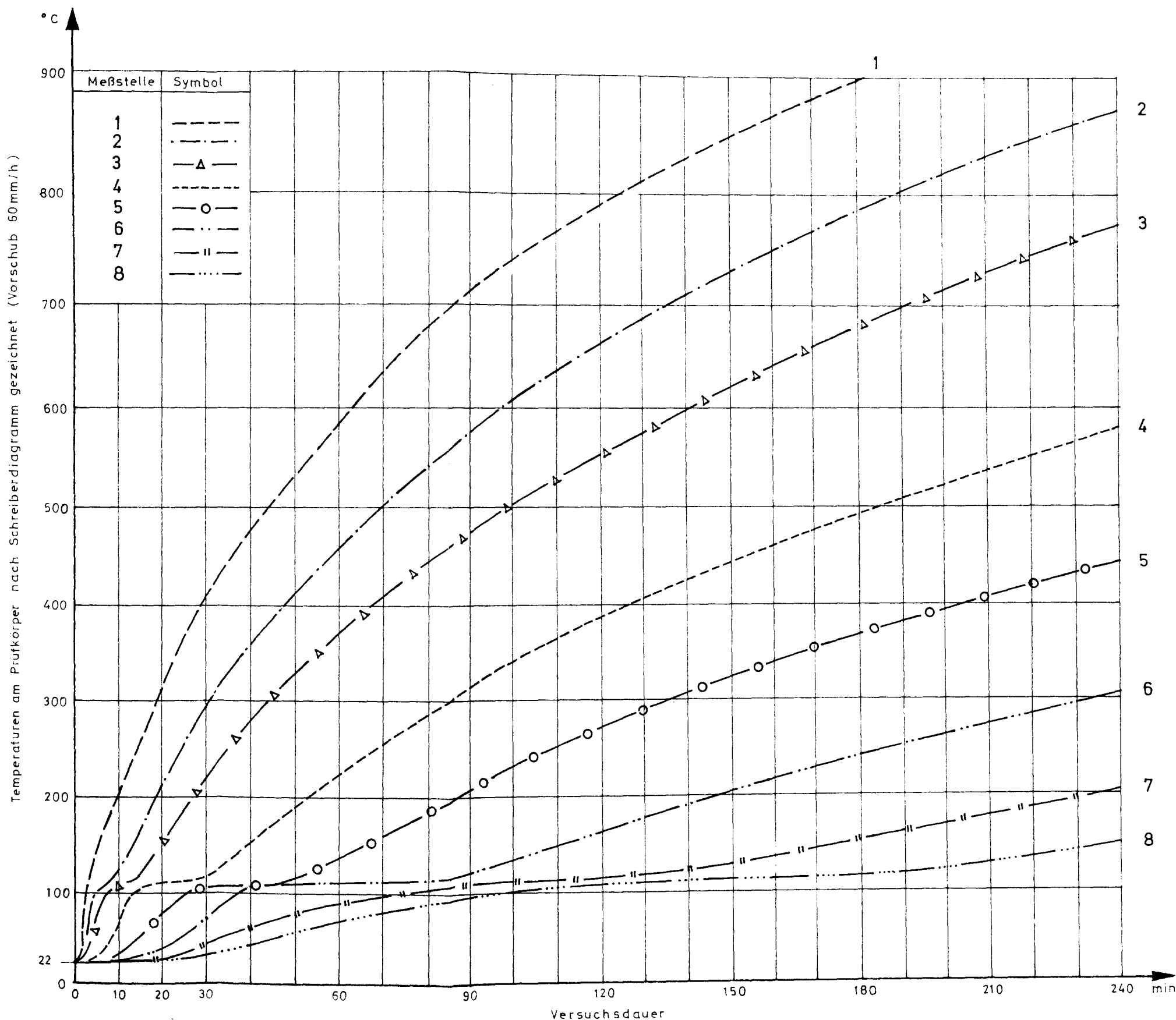
Versuch 3

$\sigma_b / \sigma_{b \text{ zul.}} = 1.9$
 $\sigma_e = 4500 \text{ kp/cm}^2$

Temperaturen am Prüfkörper
Meßstelle B

Anlage 8

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Universität Braunschweig
Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen



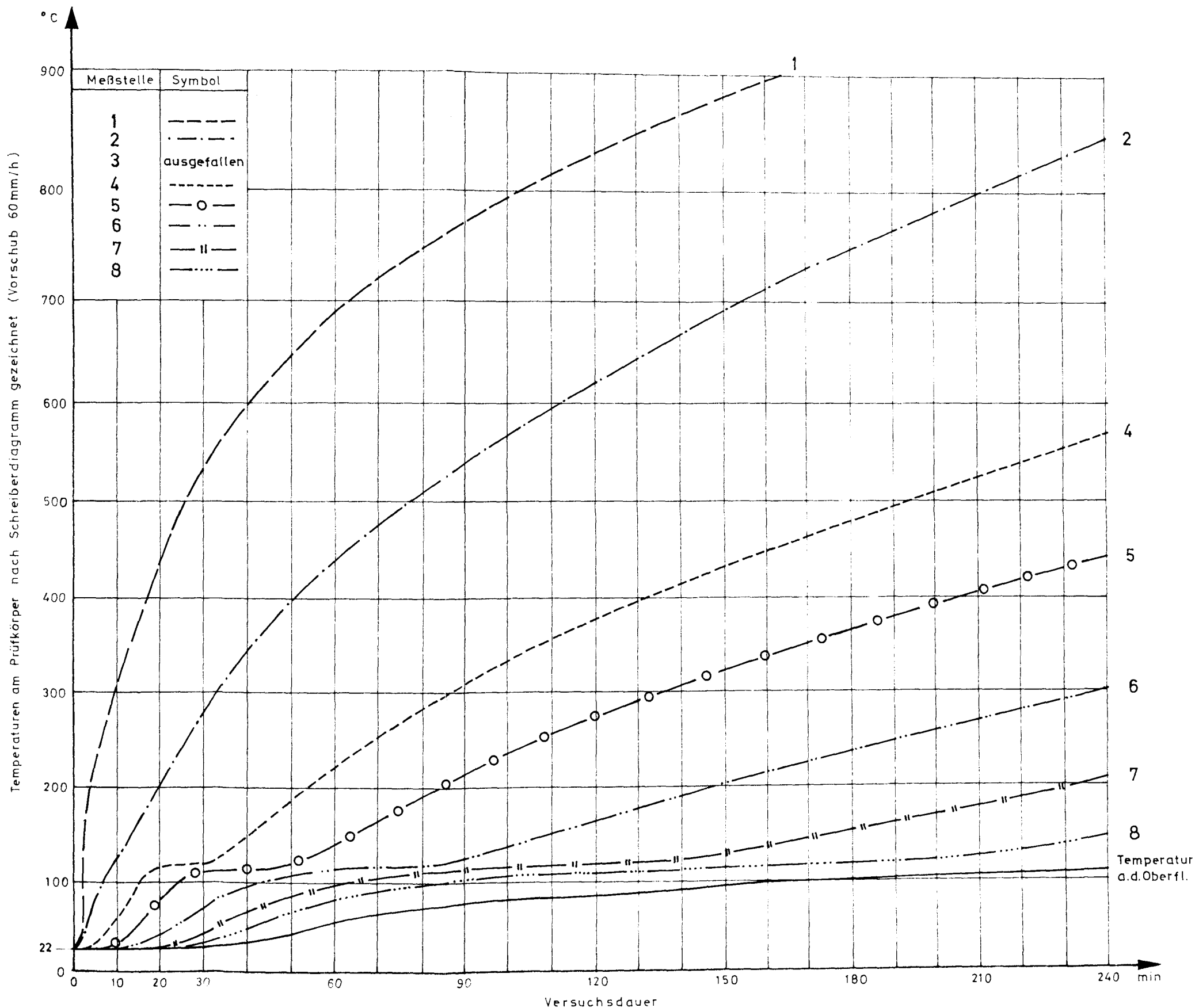
Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten $d = 20\text{cm}$

Temperaturen am Prüfkörper
Meßstelle A

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Universität Braunschweig
Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen

Versuch 4
 $\sigma_b / \sigma_{b\text{zul.}} = 1.5$

Anlage 9



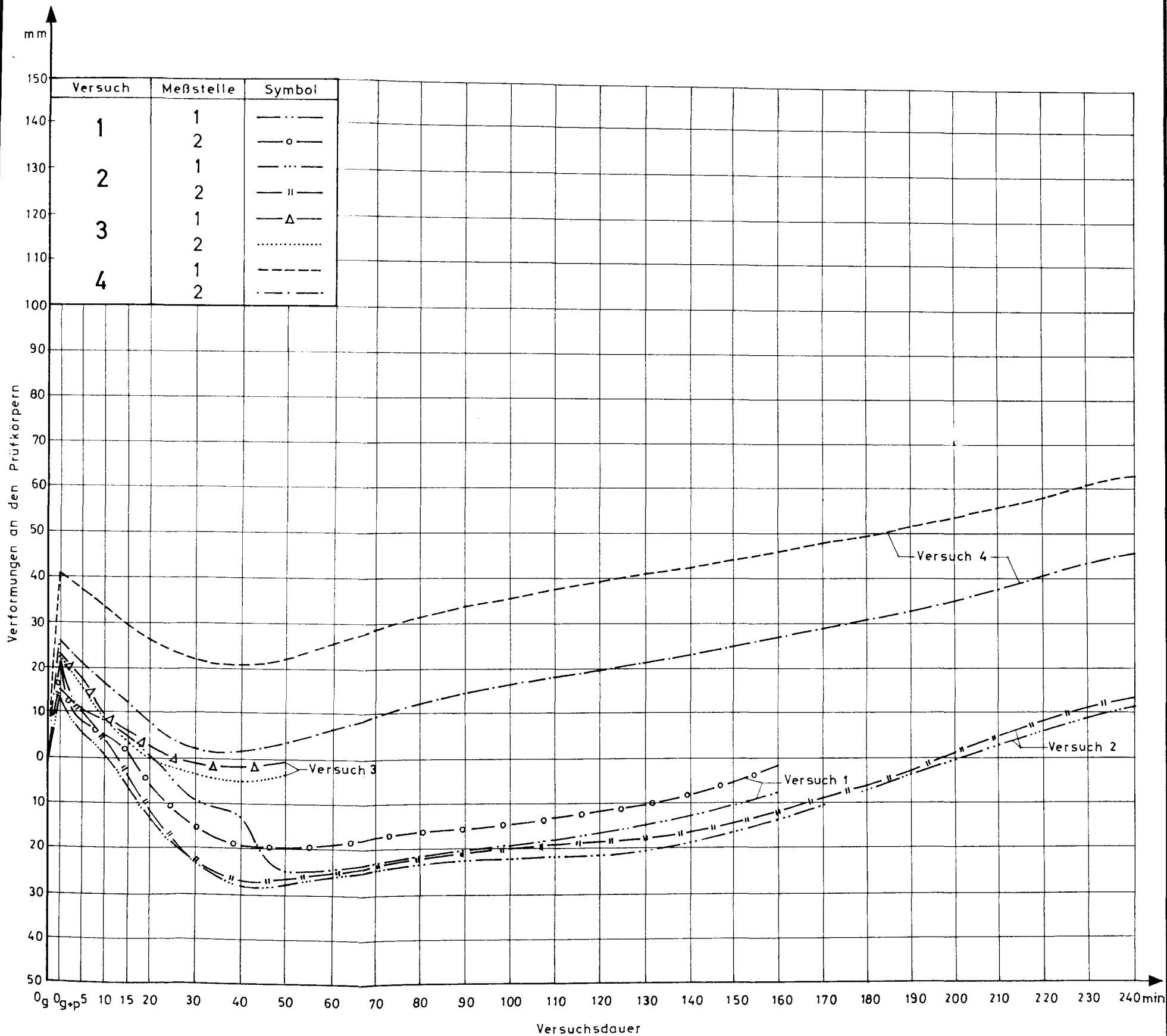
Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten d = 20cm

Versuch 4
 $\sigma_b / \sigma_{bzul.} = 1.5$

Temperaturen am Prüfkörper
Meßstelle B

Anlage 10

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Universität Braunschweig
Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen



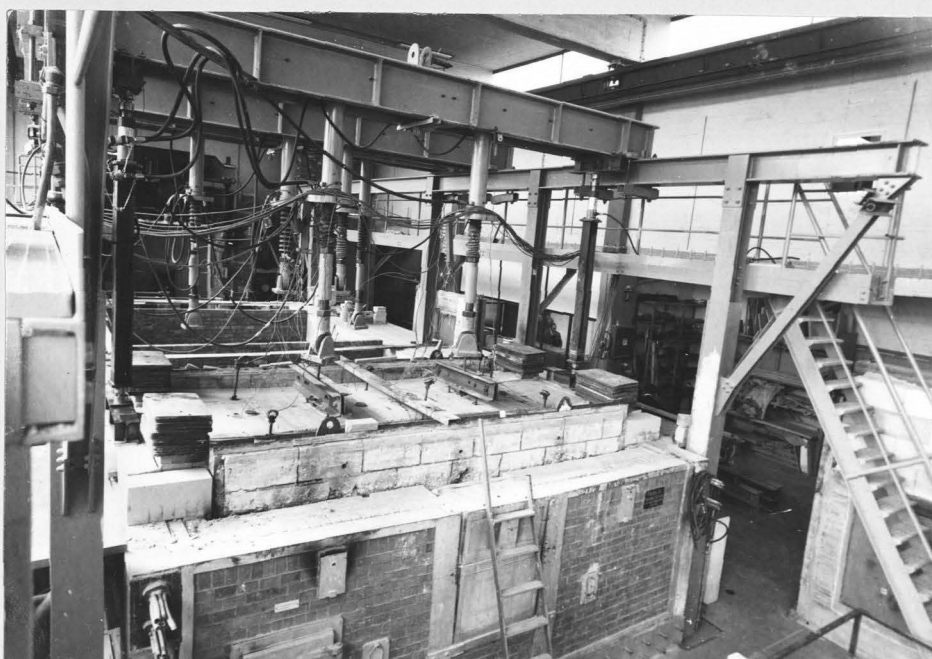
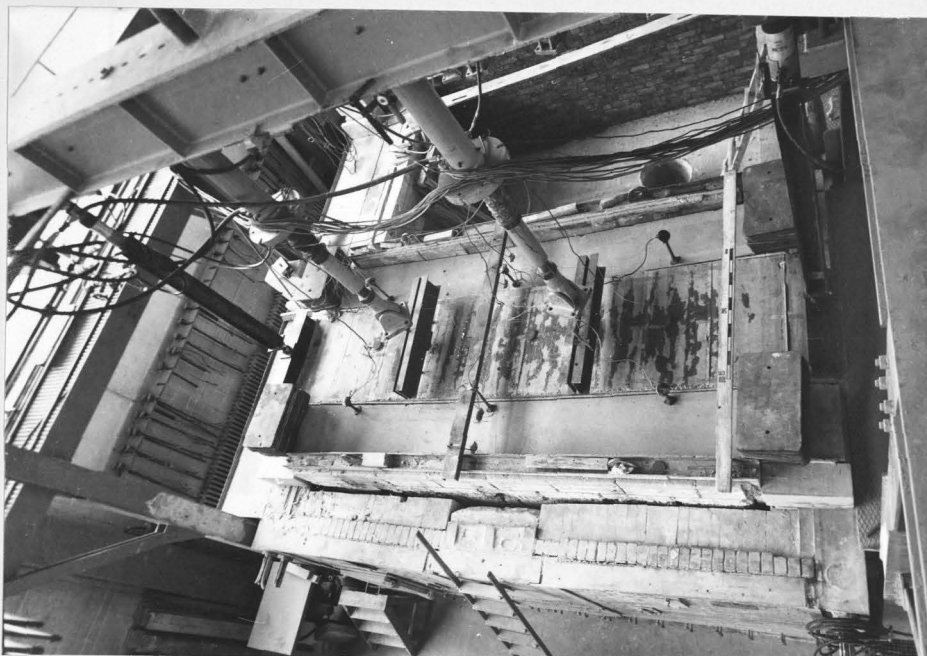
Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten d = 20cm

Versuche 1-4

Verformungen an den Prüfkörpern
Meßstellen 1 u. 2

Anlage 11

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Universität Braunschweig
Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen



Biegedruckzone unter Feuerangriff
Stahlbetonplatten $d = 20\text{ cm}$

Versuch 1 - 4

Versuchsaufbau

Bild 1 u. 2

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau
Technische Hochschule Braunschweig
Amlicke Materialprüfanstalt für das Bauwesen